

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-332815

(43)Date of publication of application : 30.11.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/323  
H01L 33/00

(21)Application number : 2000-154461

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 25.05.2000

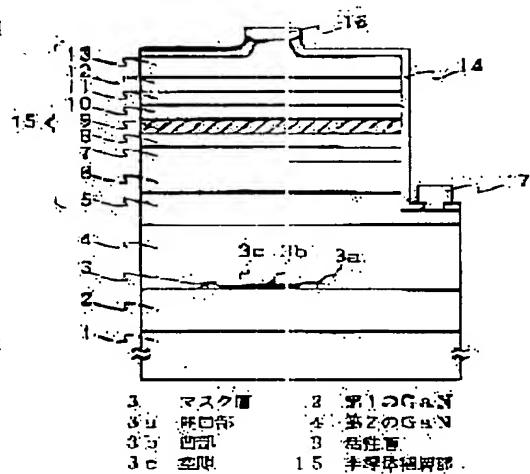
(72)Inventor : TANABE TETSUHIRO  
SONOBE MASAYUKI

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a nitride based compound semiconductor light emitting element excellent in luminous efficiency, in particular, a semiconductor laser in which the threshold current is lowered, by laminating nitride based compound semiconductor layers which can obtain flatness in a wide region, while dislocation density is reduced by selective growth on a mask like SiO<sub>2</sub>.

SOLUTION: On a substrate 1, a first GaN layer 2 is formed on which a mask layer 3 having an aperture part 3a is formed. Thereon, a second GaN layer 4 is formed which is grown selectively in the transversal direction from the aperture part 3a, and a nitride based compound semiconductor laminated part 15 which is laminated so as to form a light emitting layer is formed. A recessed part 3b is formed on the upper surface side of the mask layer 3. In other words, the second GaN based compound semiconductor layer 4 is so grown that an almost parallel gap 3c is formed between the bottom surface of the second GaN layer 4 and the mask layer 3 by, e.g. the recessed part 3b on the upper surface side of the mask layer 3.



(19) 日本国特許庁 (J.P.)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-332815  
(P2001-332815A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(51) Int.Cl.

識別記号

FI

テラト (参考)

H01S 5/323

H01S 5/323

5F041

H01L 33/00

H01L 33/00

C 5F073

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-154461 (P2000-154461)

(22) 出願日 平成12年5月25日 (2000.5.25)

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院清崎町21番地

(72) 発明者 田辺 哲弘

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株式会社内

(72) 発明者 園部 雅之

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株式会社内

(74) 代理人 100098464

弁理士 河村 洸

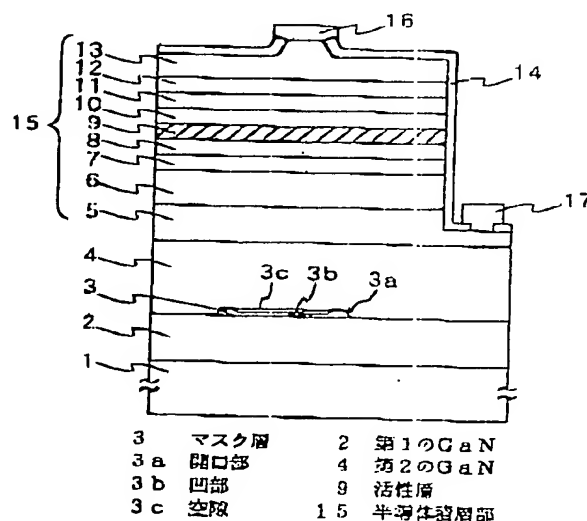
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】  $\text{SiO}_2$ などのマスク上に選択成長をさせることにより、転位密度を小さくしながら、広い範囲に亘って平坦性が得られる窒化物系化合物半導体層を積層し、発光効率の優れた窒化物系化合物半導体発光素子、とくにしきい電流値を低下させた半導体レーザを提供する。

【解決手段】 基板1上に第1のGaN層2が設けられ、その上に開口部3aを有するマスク層3が設けられ、そのマスク層3上に前記開口部3aから横方向に選択成長される第2のGaN層4、さらに、発光層を形成するように積層される窒化物系化合物半導体積層部15が設けられている。そして、マスク層3の上面側に凹部3bが形成されている。換言すれば、たとえばマスク層3上面側の凹部3bにより、第2のGaN層4の底面とマスク層3との間にはほぼ平行な空隙3cが形成されるように第2のGaN系化合物半導体層4が成長されている。



(3)

特開2001-332815

3

し、底面および表面側が平坦な第2のGa<sub>2</sub>N層45とはならない。そのため、図7に示されるように、マスクの中央部側では、第2のGa<sub>2</sub>N層45が浮き上がった状態で両方から合流することによる空孔46が形成され、デバイス化するのに好ましくない。この傾向は、マスク幅Mが大きくなると一層顕著になる。

【0006】この平坦性を損なわないようにするには、たとえば前述の文献に紹介されている例でも、SiO<sub>2</sub>マスクの幅Mは1~4μm幅で、その周期(M+W)が7μm程度と記載されているように、マスク幅Mが3μm以上になると空孔46が発生しやすくなる。しかも幅Mが大きくなるにしたがって、空孔の高さも大きくなり、それにより表面の平坦性が低下してデバイス特性も低下する。また、空孔46ができないで、平坦性が得られるぎりぎりの状態のところでも、その中央部の合致する部分では、転位密度が大きくなる。さらに、開口部44に成長する第2のGa<sub>2</sub>N層45も第1のGa<sub>2</sub>N層42の転位密度が大きいため、そのまま転位密度の大きい領域となる。そのため、転位密度の小さい連続した部分は、マスク幅の半分の範囲で、しかもその半分の両端部を除外したところしかなく、幅で1μm程度しか得られない。

【0007】ところが、ストライプ状の半導体レーザにする場合、ストライプ状の発光領域だけを転位密度の小さい半導体層で構成しようとしても、ストライプ幅の4~5μmとアライメントマージンとを考慮し、マスク幅の半分以下しか使用できないことを考えると、マスク幅Mは10~15μm以上必要となる。そのため、このような幅広のマスクを使用して、平坦性のよいチッ化物系化合物半導体層を成長しなければ、実際のデバイスに

【0008】本発明はこのような状況に鑑みなされたもので、SiO<sub>2</sub>などのマスク上に選択成長をさせることにより、転位密度を小さくしながら、広い範囲に亘って平坦性が得られるチッ化物系化合物半導体層を積層し、発光効率の優れたチッ化物系化合物半導体発光素子を提供することにある。

【0009】本発明の他の目的は、半導体レーザのように発光領域をストライプ状部分などに限定できる場合に、少なくともそのストライプ状の発光領域部分における活性層の転位密度を小さくし、しきい電流値を下げ、高出力を得ることができる半導体レーザを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、マスク層上にチッ化物系化合物半導体層を横方向に選択成長する場合に、マスクの中央部に行くにしたがって、成長する半導体層の結晶軸が上方に曲って成長し、中央部近傍で空孔が形成され、マスク幅が広くなればなるほどその空孔部分が大きくなり、平坦な半導体層を成長することが

4

できないという問題を解決するため、鋭意検討を重ねた結果、マスクの中央部側に成長するにしたがって、成長する半導体層の結晶軸が上方に曲がる原因が、半導体層とマスク層との接触部に働く接触応力に起因することを見出した。そして、この接触部を離して、接触応力が働かないようにすることにより、結晶軸の曲がりが発生しないで、転位密度が小さく、かつ、平坦な半導体層が成長されることを見出した。

【0011】本発明による半導体発光素子は、基板と、該基板上に設けられる第1のチッ化物系化合物半導体層と、該第1のチッ化物系化合物半導体層上に設けられ、開口部を有するマスク層と、該マスク層上に前記開口部から横方向に選択成長される第2のチッ化物系化合物半導体層と、該第2のチッ化物系化合物半導体層上に発光層を形成するようにチッ化物系化合物半導体が積層される半導体積層部とからなり、前記マスク層の上面側に凹部が形成されていたり、前記第2のチッ化物系化合物半導体層の底面側が平坦面に形成され、かつ、該第2のチッ化物系化合物半導体層の底面と前記マスク層との間にほぼ平行な空隙が形成されるように前記第2のチッ化物系化合物半導体層が成長されている。

【0012】ここにチッ化物系化合物半導体とは、Ga、Al、InなどのIII族元素とNまたはNと他のV族元素との化合物からなる半導体を意味する。したがって、Ga<sub>2</sub>Nの他、AlとGaとの組成比が変えられるAlGa<sub>2</sub>N系化合物や、InとGaとの組成比が変えられるInGa<sub>2</sub>N系化合物など、III族元素の混晶比やV族元素の混晶比が適宜変化されるNを含む化合物半導体を意味する。また、マスク層とは、たとえばSiO<sub>2</sub>のように、チッ化物系化合物半導体層をエピタキシャル成長しようとしても、直接にはその表面にエピタキシャル成長をすることができない材料からなる層を意味する。

【0013】この構造にすることにより、横方向に選択成長する第2のチッ化物系化合物半導体層の下層となるマスク層に凹部が設けられ、または第2のチッ化物系化合物半導体層とマスク層との間に空隙が形成されるように成長されているため、成長する第2のチッ化ガリウム系化合物半導体層はマスク層から応力を受けることがなくなる。その結果、第2のチッ化ガリウム系化合物半導体層は、横方向に成長するにしたがってその結晶軸が上方に押し曲げられることがなくなり、広い幅に亘って、まっすぐ横方向に成長して、平坦性が得られ、かつ、転位密度の小さい第2のチッ化物系化合物半導体層が得られる。そして、その上に積層されるチッ化物系化合物の半導体積層部も、転位密度の小さい半導体層上に成長するため、転位密度が小さく、平坦性の優れた半導体積層部が形成される。

【0014】本発明による半導体レーザは、請求項1または2記載のチッ化物系化合物半導体発光素子において、前記半導体積層部が半導体レーザを構成するように

50

7

は殆ど成長せず、マスク層3との間に空隙3cを形成しながら横方向に成長しながら上方にも僅かに成長し、最終的にはマスク層3の中央部あたりで両方の開口部から横方向に成長してきた半導体層が合致する。そしてマスク層3の表面が完全に埋まった後は上方に成長し、マスク層3上にも完全に第2のGaN層(半導体層)4が成長する。この第2のGaN層4は、マスク層3上の両端部(開口部3aに接する部分)および中央部の合致する部分を除いた部分の結晶性がよく、転位密度も1桁ほど小さくなる。

【0022】第2のGaN層4上の半導体積層部15は、通常の半導体レーザを構成する半導体積層部になっている。すなわち、たとえばSiが $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたn形GaNからなるn形コンタクト層5が $0.5 \mu\text{m}$ 程度、たとえばSiが $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたn形Al<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nからなるn形クラッド層6が $0.4 \mu\text{m}$ 程度、たとえばSiが $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたn形GaNからなる第1のn形ガイド層7が $0.2 \mu\text{m}$ 程度、たとえばSiがドーパされたIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nからなる第2のn形ガイド層8を $50 \text{ nm}$ 程度、In<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるウェル層を $5 \text{ nm}$ 程度、In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなるバリア層を $5 \text{ nm}$ 程度ずつ交互にウェル層を5層積層した多重量子井戸(MQW)構造からなる活性層9を $50 \text{ nm}$ 、たとえばMgがドーパされたAl<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nからなるp形キャップ層10を $20 \text{ nm}$ 程度、たとえばMgが $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたGaNからなるp形ガイド層11を $0.1 \mu\text{m}$ 程度、たとえばMgが $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたAl<sub>0.08</sub>Ga<sub>0.92</sub>Nからなるp形クラッド層12を $0.4 \mu\text{m}$ 程度、たとえばMgが $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度にドーパされたGaNからなるp形コンタクト層13を $0.1 \mu\text{m}$ 程度、それぞれ順次積層することにより形成されている。

【0023】半導体積層部15の構造や各層の材料は、この例に限定されるものではなく、活性層9も量子井戸構造でないバルク構造のものでもよく、所望の発光波長により定まる材料の活性層9が、それよりバンドギャップの大きい材料からなるクラッド層6、12により挟持される構成に形成される。また、図1に示される例のように半導体レーザを構成する場合、活性層9の屈折率がクラッド層6、12より大きい材料により形成される。そうすることにより、活性層9に光を閉じ込めることができるが、活性層9が薄く十分に光を閉じ込めることができないときは、図1に示される例のように、クラッド層6、12と活性層9との間の屈折率を有する光ガイド層7、8、11が設けられる。しかし、活性層9で十分に光を閉じ込められれば光ガイド層7、8、11を設ける必要はない。

【0024】半導体積層部15の最上層のp形コンタクト層13は、メサエッチングが施されると共に、半導体

(5)

特開2001-332815

8

積層部15の一部がエッチングされてn形コンタクト層5を露出させ、その表面の全面にSiO<sub>2</sub>が成膜されて保護膜14が形成されている。そして、保護膜14のコンタクト孔を介してp形コンタクト層13のメサ部上にNi-Auからなるp側電極16、およびn形コンタクト層と接続してTi-Alからなるn側電極17がそれぞれ形成されている。そして、共振器長(紙面に垂直方向の長さ)が $500 \mu\text{m}$ 程度になるように剪断され、図1に示されるレーザ(LD)チップが形成されている。

10 【0025】この積層構造で、p形コンタクト層13のストライプ状のメサ型にされた部分が電流注入領域となり(コンタクト層13がメサ型にされなくてもp側電極がストライプ状に形成されておればストライプ状の電流注入領域が形成される)、その下層に、マスク層3に設けられるストライプ状凹部3bの幅の半分以下が位置するように、マスク層3およびp側電極16が位置合せして形成されている。

【0026】本発明によれば、マスク層の上に横方向の選択成長により窒化物化合物半導体層を成長する場合に、マスク層の表面に凹部が形成されているため、半導体層を選択成長することにより、マスク層上に半導体層が成長しても、成長は横方向に進み、マスク層との間に空隙が形成されており、成長の際にマスク層と半導体層との間の接触応力は働かない。そのため、成長する半導体層の結晶軸が応力により曲げられることはなく、長い幅に亘って平坦な半導体層が成長する。(空隙が形成されていなくても、凹部が形成されることにより、選択成長する半導体層とマスク層との間に殆ど接触応力が働かない状態になっている。)また、横方向の成長であるため、転位密度は小さく $5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 程度と1桁以上小さく、結晶性および平坦性の非常に優れた半導体層が広い範囲に亘って形成される。

【0027】図1に示される例のように、マスク層に設けられる凹部がストライプ状に設けられると共に、その半分の幅内にストライプ状の電流注入領域が形成されるようにその上の半導体積層部が形成されることにより、非常に結晶性がよく平坦性の優れた部分のみの半導体積層部で発光させることができ、広い範囲の全面に亘って結晶性よく、平坦性の優れた半導体層を成長することができなくても、しきい電流値が小さく、発振出力の大きな半導体レーザを得ることができる。すなわち、図1に示される構造の転位密度としきい電流値との関係が、図5に示されるように、本発明によれば、転位密度が $2 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ から $5 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ に下がり、しきい電流値も $10 \text{ kA cm}^{-2}$ から $5 \text{ kA cm}^{-2}$ に低下した。

【0028】すなわち、マスクを用いた横方向への選択成長でも、マスクの開口部ではシードとなる第1の半導体層の結晶性が悪く、転位密度が大きいため、その上に成長する半導体層も転位密度が大きく、結晶性はよくない。また、マスク層の幅が広いと、マスク層の中央部に

50

(7)

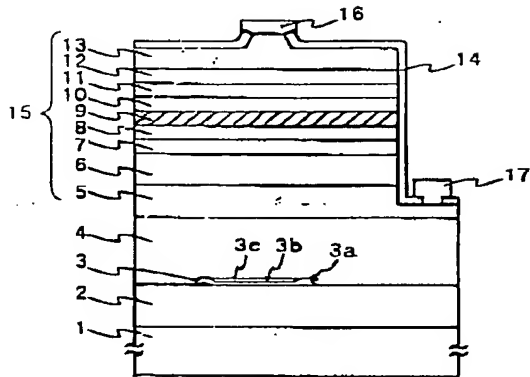
特開2001-332815

12

- 11  
2 第1のGa<sub>0.5</sub>N層  
3 マスク層  
3a 開口部  
3b 凹部  
3c 空隙

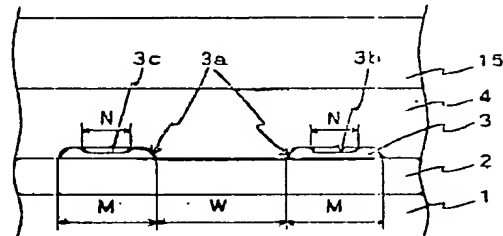
- 3c 空隙  
4 第2のGa<sub>0.5</sub>N層  
9 活性層  
15 半導体積層部

【図1】

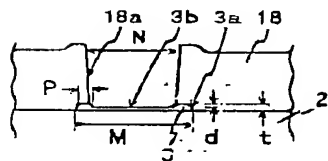


- 3 マスク層  
3a 開口部  
3b 凹部  
3c 空隙  
2 第1のGa<sub>0.5</sub>N層  
4 第2のGa<sub>0.5</sub>N層  
9 活性層  
15 半導体積層部

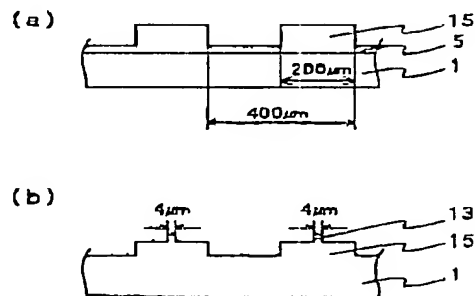
【図2】



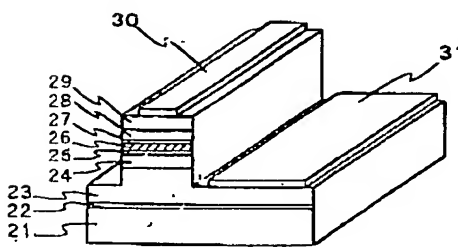
【図3】



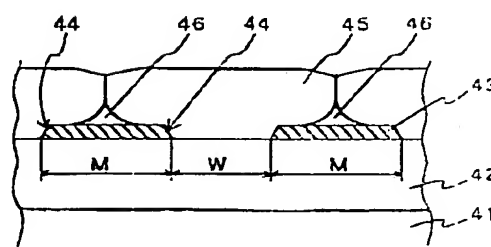
【図4】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKewed/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**